

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 08222551  
PUBLICATION DATE : 30-08-96

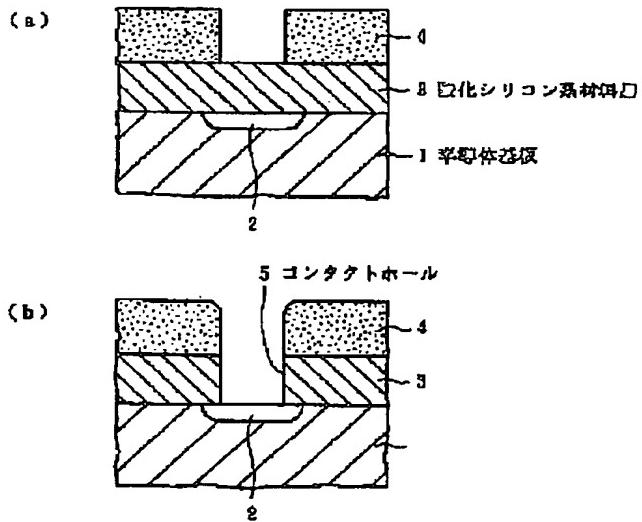
APPLICATION DATE : 17-02-95  
APPLICATION NUMBER : 07029174

APPLICANT : SONY CORP;

INVENTOR : FUKUDA SEIICHI;

INT.CL. : H01L 21/3065 C23F 4/00

TITLE : PLASMA ETCHING OF SILICON OXIDE  
BASED MATERIAL LAYER



ABSTRACT : PURPOSE: To provide plasma etching using a gas of high safety, which realizes high selectivity of a silicon oxide based material layer, practical etching rate and low particle level.

CONSTITUTION: Using a mixed gas containing carbon fluoride based gas and steam, a contact hole 5 is opened in a silicon oxide based material layer 3 on a semiconductor substrate 1. Two-stage etching may be performed, changing the flow ratio of the mixed gas. In addition, deposition of sulfur may be used along with the etching. Thus, the quality of carbon fluoride based polymer deposited on a target substrate is raised, thus improving selectivity with respect to a resist mask 4 and the semiconductor substrate 1. Since the amount of deposited polymer can be reduced, the particle level is lowered. Devices, such as, a gas exhaust unit, need not be newly added.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-222551

(43)公開日 平成8年(1996)8月30日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 01 L 21/3065  
C 23 F 4/00

識別記号

府内整理番号

F I  
H 01 L 21/302  
C 23 F 4/00

技術表示箇所  
F  
E

審査請求 未請求 請求項の数 4 O.L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平7-29174

(22)出願日 平成7年(1995)2月17日

(71)出願人 000002185  
ソニー株式会社  
東京都品川区北品川6丁目7番35号  
(72)発明者 福田 誠一  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

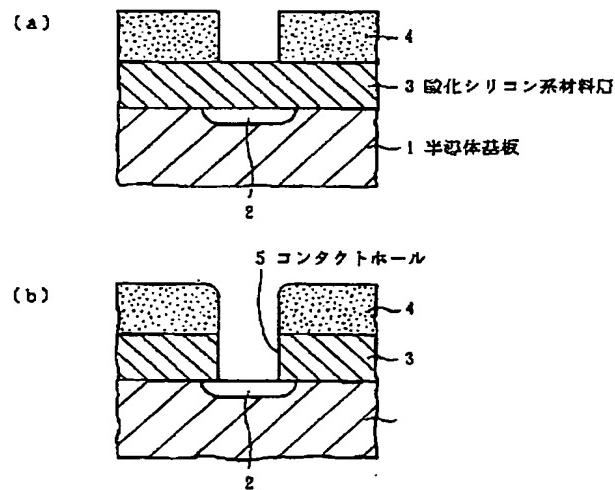
(54)【発明の名称】 酸化シリコン系材料層のプラズマエッティング方法

(57)【要約】

【目的】 酸化シリコン系材料層の高選択比、実用的なエッティングレートならびに低パーティクルレベルを共に達成しうる、安全性の高いガスを用いたプラズマエッティング方法を提供する。

【構成】 フッ化炭素系ガスと水蒸気を含む混合ガスを用い、半導体基板1上の酸化シリコン系材料層3にコントラクトホール5を開口する。混合ガスの流量比を変更し、2段階エッティングとしてもよい。さらに、イオウの堆積を併用してもよい。

【効果】 被エッティング基板上に堆積するフッ化炭素系ポリマーの膜質を強化して対レジストマスク4や対半導体基板1との選択比を向上する。また堆積するポリマー量を低減できるので、パーティクルレベルも低下する。廃ガス処理施設等を新たに付加する必要がない。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 フッ化炭素系ガスと、水蒸気を含む混合ガスを用い、下地材料層上の酸化シリコン系材料層をバターニングすることを特徴とする、酸化シリコン系材料層のプラズマエッチング方法。

【請求項2】 フッ化炭素系ガスと、水蒸気を含む第1の混合ガスを用い、下地材料層上の酸化シリコン系材料層を、その層厚を実質的に越えない深さまでバターニングする第1のエッチング工程と、

前記第1の混合ガス中の前記水蒸気の混合比を高めた第2の混合ガスを用い、前記酸化シリコン系材料層の厚さ方向の残部をバターニングして前記下地材料層を露出する第2のエッチング工程をこの順に施すことを特徴とする、酸化シリコン系材料層のプラズマエッチング方法。

【請求項3】 被エッチング基板の温度を室温以下に制御しつつ、混合ガス中に放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを放出しうるハロゲン化イオウ系化合物をさらに添加することを特徴とする、請求項1記載のプラズマエッチング方法。

【請求項4】 プラズマ密度を、 $1 \times 10^{10} / \text{cm}^3$  以上  $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$  未満に制御しつつバターニングすることを特徴とする、請求項1ないし3いずれか1項記載のプラズマエッチング方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体装置等の製造分野で適用される酸化シリコン系材料層のプラズマエッチング方法に関し、更に詳しくは、被エッチング基板上の酸化シリコン系材料層を、高精度にバターニングする際に用いて有用な酸化シリコン系材料層のプラズマエッチング方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 L S I 等の半導体装置の高集積度化、高性能化が進展するに伴い、そのデザインルールはハーフミクロンからサブクォータミクロンへと縮小しつつある。これに伴い、酸化シリコン系材料層を始めとする各種材料層に微細加工を施し、これをバターニングするためのプラズマエッチング方法に対する技術的要請は、ますます高度化している。

【0003】 例えば、被エッチング基板の大口径化にともない、8インチ径以上の被エッチング基板の全面にわたり、均一な処理が要求される。また A S I C (Application Specific IC) に代表されるように、多品種少量生産への要求が一部には高い。これらの背景から、プラズマエッチング装置は枚葉式が主流となっている。このため従来のバッチ式のプラズマエッチング装置に劣らない処理能力を維持するためには、被エッチング基板1枚当たりのエッチングレートを大幅に向上させる必要がある。

## 【0004】 また半導体デバイスの信号処理の高速化

2

や、半導体素子自体の微細化を図るために、例えばMOSトランジスタにおいては不純物拡散層の接合深さが浅くなり、その他の各種材料層の厚さも薄くなっている。このような半導体装置の製造プロセスにおいては、従来以上に対下地材料層との選択性に優れ、下地材料層のダメージが少ないプラズマエッチング方法が求められる。

【0005】 さらに、対レジストマスクの選択性向上も重要な問題である。微細なデザインルールの半導体装置を安定に製造するために、プラズマエッチング中に生じるレジストマスクの後退による寸法変換差の発生は、極く僅かなレベルのものでも許容され難くなりつつあるからである。

【0006】 酸化シリコン系材料層のプラズマエッチングは、強固なSi-O結合を切断する必要があるため、従来からイオン性の強いエッチングモードが採用されている。一般的なエッチングガスはCF<sub>4</sub>を代表とするCF系ガスを主体とするものであり、CF系ガスから解離生成するCF<sub>3</sub><sup>+</sup>の入射イオンエネルギーによるスパッタリング作用と、構成元素である炭素の還元性によるSi-O結合の分解作用を利用するものである。しかしイオンモードのプラズマエッチングの特徴として、エッチングレートは一般に小さい。そこで高速エッチングを指向して入射イオンエネルギーを高めると、エッチング反応は物理的なスパッタリング反応に近くなり、選択性は低下する。すなわち、CF系ガスによる酸化シリコン系材料層のプラズマエッチングは、高速性と選択性は両立しがたいものであった。

【0007】 酸化シリコン系材料層のプラズマエッチングにおける選択性を向上するため、CF系ガスにH<sub>2</sub>を添加したり、分子中にHを含むCHF<sub>3</sub>等CHF系ガスを採用する従来技術がある。これはプラズマ中に生成するHラジカル(H<sup>•</sup>)により、プラズマ中の過剰なF<sup>•</sup>を捕捉し、HFの形でエッチングチャンバー外に除去し、エッチング反応系の実質的なC/F比(C原子とF原子の割合)を増加させる思想にもとづく。C/F比の増加は、エッチングと競合して堆積するフッ化炭素系ポリマ中のF原子の含有量を低減し、イオン入射耐性等の膜質を強化する作用があり、したがってSi等の下地との選択性を向上する効果がある。フッ化炭素系ポリマは、酸化シリコン系材料層上ではその表面からスパッタアウェーされるO原子と反応して酸化除去されるので堆積せず、エッチングレートを低下することは実質上ない。しかしフッ化炭素系ポリマは、酸化作用を有さないSi等の下地上に専ら堆積し、イオン入射から下地を保護するため実質的なエッチングストップとして機能し、このために選択性が向上するのである。これらC/F比の概念や高選択性が達成される機構については、例えばJ. Vac. Science. Tech. 16(2), 391(1979)に報告されている。

【0008】 また最近においては、イオン入射耐性とい

う物理的観点とは異なった立場からフッ化炭素系ポリマの膜質を見直す動向がある。すなわち、F原子リッチなフッ化炭素系ポリマが下地材料層であるSi等の露出面に堆積した場合には、フッ化炭素系ポリマ中のF原子と下地のSi原子とは、単なる吸着あるいは付着にとどまらず、イオンの入射にアシストされて化学反応および反応生成物の脱離過程と進む。この一連の過程は正しくエッティングであり、対下地材料層の選択比が得られない結果となる。このような観点から、フッ化炭素系ガスにCOを添加し、プラズマ中の過剰なF<sup>+</sup>をCOF<sub>n</sub>等の形で捕捉してC/F比を増加する試みが第39回応用物理学関係連合講演会（1993年春季年会）講演予稿集p614、講演番号31a-ZE-10に報告されている。また同様の観点から、NF<sub>3</sub>等の無機フッ素系エッティングガスにCOを添加して余剰のF<sup>+</sup>を捕捉し、選択比を向上する提案が、例えば米国特許第4,807,016号明細書に開示されている。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、フッ化炭素系ガスにH<sub>2</sub>やCOを添加して下地材料層との選択比を向上する手法においては、これら添加ガスの引火性や安全性について充分な配慮が必要である。とりわけクリーンルーム等の閉鎖空間での取り扱いには、検討の余地が大きい。また実用化に当たっては排気ガスの処理設備を新たに設ける必要がある。

【0010】本発明は、上述した酸化シリコン系材料層のプラズマエッティングに関する各種問題点を解決することをその課題としている。すなわち本発明の課題は、下地材料層上に形成された酸化シリコン系材料層をバーニングするに当たり、対下地材料層および対レジストマスクの選択比に優れたプラズマエッティング方法を提供することである。

【0011】本発明の別の課題は、エッティングガス系からH<sub>2</sub>やCO等、使用にあたって引火性や安全性に検討の余地のあるガスを排除し、また新たに排気ガス処理施設等の設備投資が不要な酸化シリコン系材料層のプラズマエッティング方法を提供することである。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の酸化シリコン系材料層のプラズマエッティング方法は、上記課題を達成するために提案するものであり、フッ化炭素系ガスと、水蒸気を含む混合ガスを用い、下地材料層上の酸化シリコン系材料層をバーニングすることを特徴とするものである。本発明で採用するフッ化炭素系ガスは一般式C<sub>n</sub>F<sub>m</sub>あるいはこれらの化合物内のF原子の一部をHで置換したC<sub>n</sub>H<sub>m</sub>F<sub>n-m</sub>（n、mおよびlはそれぞれ自然数）で表される化合物であり、飽和化合物あるいは不飽和化合物の別を問わない。放電解離により生成するメイシンエッチャントであるCF<sub>n-l</sub><sup>+</sup>の生成効率からは、nは2以上の高次フッ化炭素系ガスの使用が望ましい。

【0013】また本発明の酸化シリコン系材料層のプラズマエッティング方法は、フッ化炭素系ガスと、水蒸気を含む第1の混合ガスを用い、下地材料層上の酸化シリコン系材料層を、その層厚を実質的に越えない深さまでバーニングする第1のエッティング工程と、この第1の混合ガス中の水蒸気の混合比を高めた第2の混合ガスを用い、酸化シリコン系材料層の厚さ方向の残部をバーニングして前記下地材料層を露出する第2のエッティング工程をこの順に施すことを特徴とするものである。ここで述べた下地材料層上の酸化シリコン系材料層を、その層厚を実質的に越えない深さまでバーニングする、という意味は、下地材料層が露出する直前までバーニングするということである。ただしエッティングレートのわずかな不均一性から、被エッティング基板上的一部において下地材料層が不可避的に僅かに露出した場合も含むものとする。

【0014】さらに本発明の酸化シリコン系材料層のプラズマエッティング方法は、被エッティング基板の温度を室温以下に制御しつつ、フッ化炭素系ガスと水蒸気を含む混合ガス中に、放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを放出しうるハロゲン化イオウ系化合物をさらに添加することを特徴とするものである。本発明で用いる放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを放出しうるハロゲン化イオウ系ガスは、具体的にはS<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、SF<sub>2</sub>、SF<sub>4</sub>、S<sub>2</sub>F<sub>10</sub>、S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>、S<sub>2</sub>Cl<sub>10</sub>、S<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>、S<sub>2</sub>Br<sub>10</sub>およびS<sub>2</sub>Br<sub>16</sub>が例示され、これら単独または組み合わせて使用できる。室温において液状の化合物は、公知の方法で加熱気化して用いればよい。ハロゲン化イオウガスとして一般的なSF<sub>6</sub>は、放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを放出することは困難であるので、これを除外する。

【0015】本発明では、いずれのプラズマエッティング方法においても、プラズマ密度を $1 \times 10^{10} / \text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$ 未満に制御しつつバーニングすることが望ましい。

## 【0016】

【作用】本発明の骨子は、水蒸気すなわちH<sub>2</sub>Oがプラズマ中で解離して生成するH<sup>+</sup>およびH<sup>-</sup>を利用して、これによりプラズマ中の過剰なF<sup>+</sup>およびF<sup>-</sup>を捕捉してHFないし一部HOFの形でエッティングチャンバ外へ除去し、エッティング反応系のC/F比を制御する点にある。この結果、被エッティング基板上に堆積するフッ化炭素系ポリマはカーボンリッチでイオン入射耐性の高い膜となり、主として露出したSi等の下地材料層上に堆積し、エッティング選択比を向上するのである。このカーボンリッチなフッ化炭素系ポリマは、フッ素成分が少ないのでイオン入射にアシストされる形で下地材料層と化学反応および反応生成物の脱離過程と進むことはなく、この面からも対下地材料層選択比は向上する。

【0017】水蒸気の解離によるH<sup>+</sup>およびH<sup>-</sup>の生

成、およびF<sup>+</sup> およびF<sup>-</sup> を捕捉してHFないし一部H<sub>2</sub>Oの形でエッティングチャンバ外へ除去する反応過程は、プラズマ密度を $1 \times 10^{10} / \text{cm}^3$  以上 $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$  未満に制御した場合に効果的に進行する。プラズマ密度が $1 \times 10^{10} / \text{cm}^3$  未満ではフッ化炭素系ガスの解離効率が不十分で、メインエッチャントであるC<sub>2</sub>F<sub>6</sub><sup>+</sup> が不足し、実用的なエッティングレートが得られない。またH<sub>2</sub>Oの解離も不十分である。一方プラズマ密度が $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$  を超えると、本来エッティングチャンバ外に排気されるべきHFないしHOFが再解離し、F<sup>+</sup> およびF<sup>-</sup> の捕捉が十分でなく、堆積するフッ化炭素系ポリマ中のF含有量を低減することが困難となる。すなわちエッティング選択比を向上することが困難となる。

【0018】ところで、従来一般的に用いられている平行平板型RIE装置が発生しうるプラズマ密度は $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$  台、磁場を併用した平行平板型マグネットロンRIE装置で $1 \times 10^{10} / \text{cm}^3$  台、高密度プラズマエッティング装置と呼ばれるECR(Electron Cyclotron Resonance) プラズマエッティング装置、ICP(Inductively Coupled Plasma、誘導結合プラズマ) エッティング装置およびヘリコン波プラズマエッティング装置等では $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$  超 $1 \times 10^{13} / \text{cm}^3$  未満程度である。すなわち、本発明のプラズマエッティング方法は、平行平板型マグネットロンRIE装置を用いる場合に好ましい結果を得ることができる。

【0019】本発明は以上のような技術的思想を根底としているが、さらに一層のエッティングレートの向上と高選択比を達成するため、プラズマエッティングを2段階化する方法を提案する。すなわち、ジャストエッティング工程に相当する第1のプラズマエッティング工程が終了した時点で混合ガスの混合比を変更し、第2のプラズマエッティング工程、すなわち、オーバーエッティング工程においては水蒸気の混合比を高める。この2段階エッティングにより、第1のプラズマエッティング工程においては実用的な高速エッティングレートを、第2のプラズマエッティング工程においてはさらに高い対下地材料層選択比を達成できる。

【0020】本発明においてはさらに、被エッティング基板温度を室温以下に制御しつつ、放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを放出しうるハロゲン化イオウ系ガスを添加する方法をも提案する。これらハロゲン化イオウ系ガスの添加により、被エッティング基板上にはフッ化炭素系ポリマの他にイオウが堆積し、Si等の対下地材料選択比や対レジストマスク選択比がさらに向上する。一方酸化シリコン系材料層表面では、スパッタリングにより放出されるO<sub>2</sub>により、SO<sub>2</sub>やSO<sub>3</sub>となって速やかに除去されるので、エッティングレートの低下は事実上起こらない。したがって、エッティングレートを確保し

たまま高選択比エッティングが可能となる。

【0021】酸化シリコン系材料層のパターニング終了後は、被エッティング基板を90℃～100℃に加熱すれば堆積したイオウは昇華除去され、被エッティング基板に対するコンタミネーションを残す虞れはない。イオウは、レジストアッキングの際にレジストと同時に酸化除去することも可能である。なお、これらハロゲン化イオウ系ガスとともに、N<sub>2</sub> やN<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 等のN系ガスを添加すれば、被エッティング基板上には窒化イオウポリマであるポリチアジルが堆積する。ポリチアジルはイオウよりもさらにイオン入射耐性が大きく、選択比向上やダメージ防止効果が高い。ポリチアジルもプラズマエッティング終了後は昇華除去可能であり、昇華温度は減圧下で約150℃以上である。イオウおよびポリチアジルの昇華温度から明らかなように、被エッティング基板温度がこれら昇華温度未満であればイオウあるいはポリチアジルは堆積可能である。ただし堆積膜の安定性の観点からは、被エッティング基板温度を室温以下、例えば20～25℃以下に制御することが望ましい。

#### 【0022】

【実施例】以下、本発明を一例としてコンタクトホール加工に適用した具体的実施例につき、添付図面を参照して説明する。

#### 【0023】実施例1

本実施例は、フッ化炭素系ガスであるC<sub>2</sub>F<sub>6</sub> と、H<sub>2</sub>Oを含む混合ガスにより、シリコン基板上のSiO<sub>2</sub> からなる酸化シリコン系材料層をプラズマエッティングしてコンタクトホールを形成した例であり、これを図1(a)～(b)を参照して説明する。

【0024】まず図1(a)に示すように、予め不純物拡散層2等が形成されたSi等の半導体基板1上に、SiO<sub>2</sub> からなる酸化シリコン系材料層3を形成する。つぎに化学增幅型レジストとKrfエキシマレーザリソグラフィにより、0.35μmの開口径を有するレジストマスク4を接続孔開口位置にパターニングする。酸化シリコン系材料層3の厚さは一例として600nmであり、減圧CVD等により形成する。ここまで形成した図1(a)に示すサンプルを、被エッティング基板とする。

【0025】つぎにこの被エッティング基板を磁場を併用したマグネットロンRIE装置の基板ステージ上に載置し、下記条件により酸化シリコン系材料層3の露出部分をプラズマエッティングする。なお基板ステージは、アルゴール系冷媒が循環する冷却配管を内蔵することにより、0℃以下に温度制御できるものである。

C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	70 sccm
H <sub>2</sub> O	30 sccm
ガス圧力	4.0 Pa
R F 電源パワー	700 W (13.56 MHz)
磁界強度	1.5 × 10 <sup>-2</sup> T

7

被エッチング基板温度 -20 ℃

このプラズマエッチング過程においては、F<sup>+</sup>によるラジカル反応が、主としてCF<sub>3</sub><sup>+</sup>のイオン入射にアシストされる形で酸化シリコン系材料層のプラズマエッチングが進行した。エッチングレートは600 nm/minであった。

【0026】またプラズマ中にはH<sub>2</sub>Oの解離により生成したH<sup>+</sup>やOH<sup>-</sup>あるいはこれらのイオンが、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>の解離によい生成し過剰なF<sup>+</sup>やそのイオンを捕捉する。この結果、被エッチング基板上に堆積するフッ化炭素系ポリマーは、F成分の含有量の少ないものであり、高いイオン入射耐性を有していた。フッ化炭素系ポリマーは、プラズマエッチングにより露出する下地材料層であるシリコン等の半導体基板、正確には不純物拡散層2上やレジストマスク4上に主として堆積する結果、高い選択比が得られる。すなわち、下地材料層である半導体基板1が露出した段階で、その表面にフッ化炭素系ポリマーが堆積するのでエッチングレートは大幅に低下し、この結果高い選択比が達成されるのである。本実施例においては、被エッチング基板が-20℃に制御されていることから、F<sup>+</sup>によるラジカル反応が抑制されている。この結果、主としてラジカルモードでエッチングが進行するレジスト材料や下地材料層であるS1のエッチングレートが低下し、これも選択比向上の一因と考えられる。しかし選択比向上の寄与の割合は、イオン入射耐性の高いフッ化炭素系ポリマーによるものが大勢を占めている。選択比は、対下地材料層が約3.5、対レジストマスクが約1.0であった。被エッチング基板にコンタクトホール5が開口された、プラズマエッチング終了後の状態を図1(b)に示す。

【0027】本実施例によれば、フッ化炭素系ガスと水蒸気を含む混合ガスを用いることにより、高い選択比と実用的なエッチングレートをともに達成することができる。

#### 【0028】実施例2

本実施例は、フッ化炭素系ガスとしてC<sub>3</sub>F<sub>8</sub>と、H<sub>2</sub>Oを含む混合ガスにより、酸化シリコン系材料層を2段階エッチングした例であり、これを図2(a)~(c)を参照して説明する。

【0029】本実施例で採用した図2(a)に示す被エッチング基板は、実施例1で説明した図1(a)に示す被エッチング基板と同一であるので、重複する説明を省略する。この被エッチング基板を磁場を併用したマグネットロンRIE装置の基板ステージ上に載置し、下記第1のエッチング条件により酸化シリコン系材料層3の露出部分をプラズマエッチングする。

C<sub>3</sub>F<sub>8</sub> 80 sccm

H<sub>2</sub>O 20 sccm

ガス圧力 4.0 Pa

RF電源パワー 700 W (13.56 MHz)

8

z)

磁界強度 1.5 × 10<sup>-2</sup> T

被エッチング基板温度 -30 ℃

この第1のエッチング工程は、下地材料層である半導体基板1、より正確には半導体基板1に形成された不純物拡散層2が露出する直前まで継続した。本プラズマエッチング過程におけるエッチング機構は前実施例と基本的には同じであるが、フッ化炭素系ガスの混合比が多いことにより、エッチングレートは約700 nm/minであった。第1のエッチング工程終了後の被エッチング基板の状態を図1(b)に示す。

【0030】次にエッチング条件を切り替え、一例として下記条件により第2のエッチング工程を施す。この工程はオーバーエッチング工程である。

C<sub>3</sub>F<sub>8</sub> 60 sccm

H<sub>2</sub>O 40 sccm

ガス圧力 4.0 Pa

RF電源パワー 700 W (13.56 MHz)

z)

20 磁界強度 1.5 × 10<sup>-2</sup> T

被エッチング基板温度 -30 ℃

本第2のエッチング過程においては、H<sub>2</sub>Oの混合比が第1のエッチング条件よりも高いことから、堆積するフッ化炭素系ポリマーの膜質はさらに強力なものとなり、露出する下地材料層である不純物拡散層2の表面を確実に保護する。本第2のエッチング工程のエッチングレートは、第1のエッチング工程のエッチングレートよりは小さいものの、酸化シリコン系材料層3の厚さ方向の残部の厚さは極く薄いので、パターニング工程全体のスループットが低下する迄には至らない。この結果、下地材料層にダメージを与えることなく、良好な異方性形状を有するコンタクトホールが形成された。この状態を図2(c)に示す。

【0031】本実施例によれば、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>とH<sub>2</sub>Oを含む混合ガスを用い、その混合比を変えた2段階エッチングを採用することで、実施例1におけるよりもさらに高いエッチングレートと高い選択比、および下地材料層に与える低ダメージ性をともに達成することができる。

#### 【0032】実施例3

40 本実施例は、フッ化炭素系ガスであるC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>と、H<sub>2</sub>Oを含む混合ガスに、さらに放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを放出しうるハロゲン化イオウ化合物としてS<sub>2</sub>F<sub>10</sub>を添加し、被エッチング基板を室温以下に制御しながら酸化シリコン系材料層をパターニングした例であり、これを再び図1(a)~(b)を参照して説明する。

【0033】先に説明した図1(a)に示す被エッチング基板を、平行平板型マグネットロンRIE装置の基板ステージ上にセッティングし、一例として下記エッチング条件により酸化シリコン系材料層3をパターニングし

た。なお基板ステージは、アルコール系冷媒が循環する冷却配管を内蔵することにより0℃以下に温度制御できるとともに、内蔵のヒータ等により100℃以上に加熱できるものである。

C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	50 sccm
H <sub>2</sub> O	20 sccm
S <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	30 sccm
ガス圧力	4.0 Pa
R F電源パワー	700 W (13.56 MHz)

磁界強度 1.5 × 10<sup>-2</sup> T

被エッティング基板温度 -20 ℃

このプラズマエッティング過程においては、C<sub>4</sub> F<sub>8</sub> やS<sub>2</sub> F<sub>2</sub> の解離により生成するF<sup>+</sup> によるラジカル反応が、主としてCF<sub>3</sub><sup>+</sup> やSF<sup>+</sup> のイオン入射にアシストされる形で酸化シリコン系材料層のプラズマエッティングが進行した。

【0034】また被エッティング基板上に堆積するフッ化炭素系ポリマは、F成分の含有量の少ないものであり、高いイオン入射耐性を有するものである。同時にイオウも堆積しイオン入射耐性に向方に寄与するので、フッ化炭素系ポリマの堆積は相対的に少量でその目的が達成される。プラズマエッティング終了後の被エッティング基板の状態を図1 (b) に示す。

【0035】本実施例によれば、C<sub>4</sub> F<sub>8</sub> とH<sub>2</sub> Oの混合ガスに、さらにS<sub>2</sub> F<sub>2</sub> を添加し、被エッティング基板を室温以下に制御しながら酸化シリコン系材料層をバーニングすることにより、高い選択比、および下地材料層に与える低ダメージ性をともに達成することができる。特に本実施例においては、プラズマエッティング終了後、基板ステージを90℃～100℃に加熱することにより、被エッティング基板上や基板ステージ近傍に堆積したイオウは、容易に昇華除去できる。このため、被エッティング基板の処理枚数を重ねて連続処理を行っても、フッ化炭素系ポリマ過剰なチャンバ内雰囲気が形成されることなく、エッティングレートの低下やマイクロローディング効果が発生することはない。またチャンバ内のパーティクルレベルが増加することもない。

【0036】以上、本発明を3つの実施例により説明したが、本発明はこれら実施例に何ら限定されるものではない。

【0037】例えば、フッ化炭素系ガスとしてC<sub>4</sub> F<sub>8</sub> とC<sub>3</sub> F<sub>8</sub> を例示したが、飽和、不飽和を問わず他のCF系ガスを単独または組み合わせて用いることができる。F原子の一部がHに置換されたCHF系ガスを用いてもよい。同じく、F原子の一部がCIやBr等他のハロゲン原子に置換された化合物であってもよい。

【0038】放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを放出しうるハロゲン化イオウ系ガスとして、S<sub>2</sub> F<sub>2</sub> を代表としてとりあげたが、これ以外にSF<sub>2</sub> 、SF<sub>6</sub>

、 S<sub>2</sub> Cl<sub>2</sub> 、 S<sub>3</sub> Cl<sub>2</sub> 、 SCl<sub>2</sub> 、 S<sub>2</sub> Br<sub>2</sub> 、 S<sub>3</sub> Br<sub>2</sub> 、 およびS<sub>2</sub> Br<sub>10</sub> が例示され、これら単独または組み合わせて使用できる。

【0039】酸化シリコン系材料層としてSiO<sub>2</sub> を例示したが、PSG、BPSG等不純物を含有したシリケートガラス、あるいはSiONやSiOF等、NやF等の元素を含むもの、あるいはこれらの積層構造膜であってもよい。またコンタクトホール加工に限らず、バイアホール加工や、LDDサイドウォールスペーサ加工等、

10 下地材料層との高選択比が要求される各種プラズマエッティングに適用可能である。

【0040】その他、被エッティング基板の構造、プラズマエッティング装置、プラズマエッティング条件等、本発明の技術的思想の範囲内で適宜選択して適用することが可能である。

#### 【0041】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明はフッ化炭素系ガスと水蒸気を含む混合ガスを用いて酸化シリコン系材料層をバーニングすることにより、被

20 エッティング基板上に堆積するフッ化炭素系ポリマの膜質を強化することができる。これにより、実用的なエッティングレートを確保したまま対下地材料層選択比および対レジストマスク選択比を向上できる。また堆積膜の膜質が強化されたマージンを、堆積膜量の低減に振り向けることができ、この結果パーティクル汚染の低減が図れる。ここにあげた効果は、H<sub>2</sub> やCO等、安全性に検討の余地を残すガスを用いる必要がないので、廃ガス処理手段やガスリークのアラーム手段等の新たな設備を付加することなく実現できる。

30 【0042】また本願の請求項2の発明によれば、エッティング工程を2段階化し、ジャストエッティング工程とオーバーエッティング工程とでエッティングガスの混合比を変更することにより、より一層の高選択比と、エッティングレートの高速化を達成できる。

【0043】本願の請求項3の発明によれば、フッ化炭素系ガスと水蒸気を含む混合ガスに、さらに放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを放出しうるハロゲン化イオウ系ガスを添加することにより、高選択比の効果に加え、特にエッティング工程を重ねた場合のパーティクル汚染の低減やエッティングレートの低下防止あるいはマイクロローディング効果防止の効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のプラズマエッティング方法を適用した実施例1および3を、その工程順に説明する概略断面図であり、(a)は酸化シリコン系材料層上にコンタクトホール開口用のレジストマスクを形成した状態、(b)は酸化シリコン系材料層をバーニングしてコンタクトホールを完成した状態である。

【図2】本発明のプラズマエッティング方法を適用した実施例2を、その工程順に説明する概略断面図であり、

11

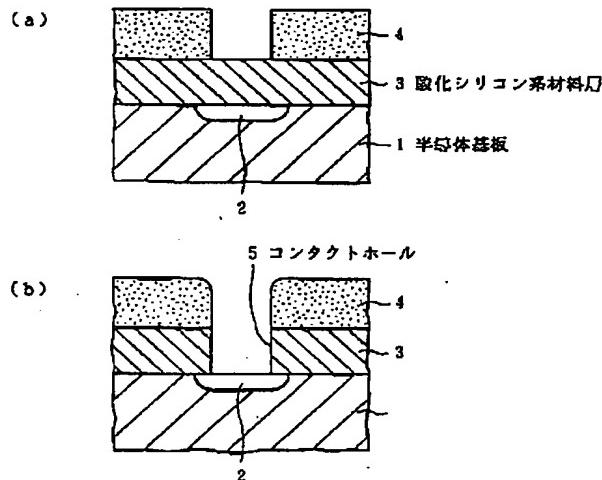
12

(a) は酸化シリコン系材料層上にコンタクトホール開口用のレジストマスクを形成した状態、(b) は酸化シリコン系材料層を、その層厚を実質的に越えない深さまでパターニングした状態、(c) は酸化シリコン系材料層の層厚方向の残部をパターニングしてコンタクトホールを完成した状態である。

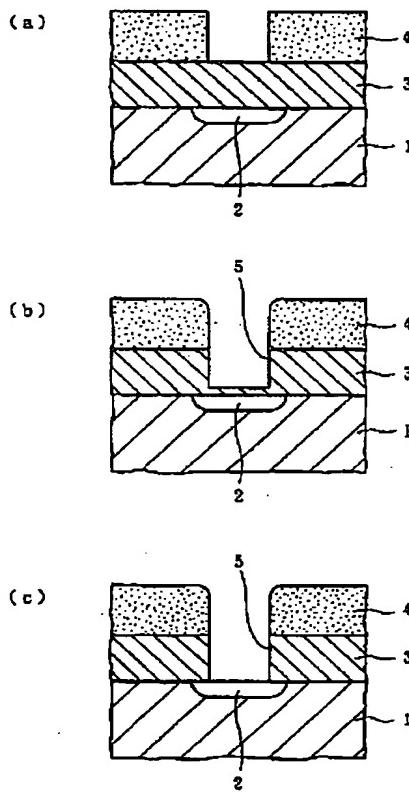
## 【符号の説明】

- |   |            |
|---|------------|
| 1 | 半導体基板      |
| 2 | 不純物拡散層     |
| 3 | 酸化シリコン系材料層 |
| 4 | レジストマスク    |
| 5 | コンタクトホール   |

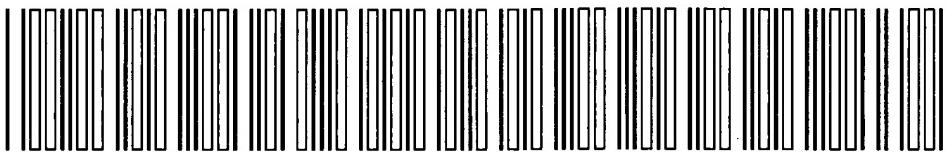
【図1】



【図2】



# IDS REFERENCES



FOR